

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H05764

研究課題名(和文) 東アジアを中心としたシャジクモの分布様式と多様性の成立過程解明と適応遺伝子の探索

研究課題名(英文) Uncovering the establishment process of the current distribution pattern, diversity, and adaptive genes of *Chara braunii*, especially in East Asia

研究代表者

坂山 英俊 (Sakayama, Hidetoshi)

神戸大学・理学研究科・准教授

研究者番号：60391108

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：シャジクモは南極大陸を除く世界各地に分布し、地域変異が多く、様々な淡水環境に生育している。このようなシャジクモの現在の分布様式は、おもに水鳥の渡りによる散布と、東アジアを中心に始まった水稻農業による二次的環境(水田、ため池など)の形成による新たなニッチ獲得の影響を受けていると考えられる。しかし、東アジアを中心としたシャジクモの現在の分布様式の成立過程と地域変異の進化過程は明らかにされていない。本研究では、東アジアを中心とした海外からシャジクモを採集し、種内の遺伝的多様性、系統関係、表現型を解析することで、現在のシャジクモの分布様式の成立過程と多様性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の研究対象であるシャジクモは、湖、ため池、水田など、わたしたちにとって身近な淡水生態系に生育する大型藻類である。しかし、日本では近年の淡水生態系破壊の結果、急速にシャジクモの衰退が進行している。その結果、シャジクモは環境省版レッドリストにおいて絶滅危惧種として掲載されている。本研究で明らかとなった東アジアを中心に分布するシャジクモの現在の分布様式の成立過程と多様性に関する知見は、生態学的に重要な広域分布種や絶滅の危機に瀕している種の実体解明に向けた研究や施策を考える上で非常に有益な情報となり得ると期待される。

研究成果の概要(英文)：Chara braunii is distributed worldwide, excluding Antarctica, grows in a variety of freshwater environments, and exhibits high morphological variability. The current distribution pattern of C. braunii is thought to be influenced mainly by dispersal by migratory waterfowl and the creation of secondary environments (e.g., rice fields and artificial ponds for irrigation) by rice farming that began mainly in East Asia, which has created new niches for this species. In C. braunii, however, the process of establishment of the current distribution pattern and the evolutionary process of regional variation, mainly in East Asia, have not been clarified. In this study, we collected C. braunii from overseas, mainly from East Asia, and analyzed the genetic diversity, phylogenetic relationships, and phenotypes within this species to clarify the establishment process of the current distribution pattern and diversity of C. braunii.

研究分野：進化系統学

キーワード：シャジクモ 淡水藻類 進化 種分化 遺伝的多様性 生態的多型 集団構造

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究対象のシャジクモ (*Chara braunii*、車軸藻類の代表的な種) は体長が 5~20cm 程度の淡水藻類である (図 1)。本種は体のサイズが小さく培養が容易であることから、古くから細胞生物学の実験生物として用いられてきた。シャジクモは南極大陸を除く世界各地に分布し、地域変異が多く、様々な淡水環境に生育している。このようなシャジクモの現在の分布様式は、おもに水鳥の渡りによる散布と、東アジアを中心に始まった水稻農業による二次的環境 (水田、ため池、水路) の形成による新たなニッチ獲得の影響を受けていると考えられる。しかし、東アジアを中心としたシャジクモの現在の分布様式の成立過程と地域変異の進化過程は明らかにされていない (Wood 1965; Proctor 1970; Kato et al. 2008, 2011)。

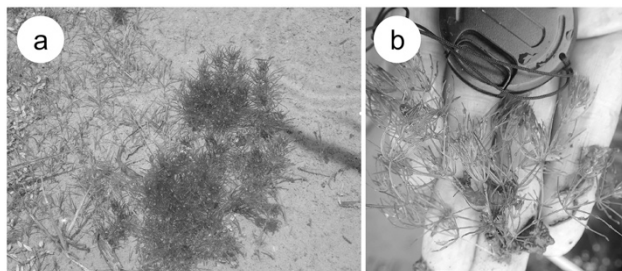


図 1. シャジクモの藻体.

a, 水田に生育する藻体 ; b, 藻体の全形.

我々はこれまで日本を中心に水田と湖沼から採集したシャジクモにおいて葉緑体と核の複数 DNA 領域を用いた分子系統解析と集団遺伝学的解析を行ってきた (Kato et al. 2008, 2011)。その中で、日本のシャジクモの中に、水田に生育するタイプ (水田型) と湖沼/ため池に生育するタイプ (湖沼型) の 2 つの交配可能な生態型が含まれることが確認された。しかし、この生態的多型の進化過程や地理的起源は明らかにされていない。したがって、さらに東アジアを中心とした海外の様々な淡水環境に生育するシャジクモを採集し、空間的に分かれた集団間の系統関係、遺伝子流動の有無、生態型/局所集団毎に固定された遺伝子座の有無を明らかにすることによって、シャジクモの現在の分布様式の成立過程と、その過程で生じた地域変異と水田型を含む生態的多型の進化過程・地理的起源を解明できると期待される。

一方、水生植物と淡水藻類において様々な水環境に適応した種は多く知られているが、生態型の適応遺伝子を解明した解析は報告されていない。我々はこれまでシャジクモにおいて生活環を完結できる単藻培養株を独自に単離し、進化的な解析基盤の確立を実施してきた (Sato et al. 2014)。さらに確立した培養株 (水田型、S276 株) を用いて概要ゲノム解読を進めている。したがって、本研究で次世代シーケンサーを用いて世界各地の生態型/局所集団間のゲノム全体を網羅する遺伝的多型情報を解明することで、自然選択に関わった遺伝子を絞り込むことができると期待される。また、採集した材料を同一条件下などで培養し、生態型/局所集団間の表現型と遺伝子型を比較することで、局所適応の有無を実験的に検証するとともに、生態型の進化過程と適応遺伝子を探索できると期待される。

### 2. 研究の目的

本研究では、東アジアを中心とした海外から様々な水環境に生育するシャジクモを採集し、種内のゲノム全体を網羅する遺伝的多型情報を明らかにし、空間的に分かれた集団間の遺伝子流動の有無と系統関係を解明することで、現在のシャジクモの分布様式の成立過程と海外でのシャジクモの多様性の全体像を解明する。さらに、種内において見いだされた生態型/局所集団毎に固定された遺伝子座をゲノムに基づき網羅的に抽出し、同一培養条件下などでの生態型/局所集団間の表現型と遺伝子型を比較することで、局所適応の有無を実験的に検証するとともに、生態型の進化過程と適応遺伝子を特定する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 野外調査

シャジクモは全世界的に分布するが、シャジクモの生育記録が最も多い東アジアを中心に調査地域を選定し、海外共同研究者に調査許可申請の協力および調査同行をお願いし、現地野外調査を実施した。また、海外研究協力者からの材料提供を受け、効率的に材料を収集するように努めた。

各調査国において水田型、湖沼型を含む様々な生育環境 (水田、湿地、湖沼、ため池、水路、河川のタイドプール、スワンプ) から野外調査によりシャジクモを採集した。シャジクモは淡水域の湖底に繁茂するので、岸またはボート上から錨型の採集器具を水中に投入し、底から引き上げるようにして採集した。採集品はさく葉標本にするとともに、その一部はシリカゲルまたは 70% エタノールで固定して遺伝子解析に用いた。種同定は外部形態観察および DNA バーコーディングによって行った。外部形態観察については光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡による分類形質の観察を行った。DNA バーコーディングについては国際的に標準化された DNA バーコード領域であり、これまでに最も多くの種類で調べられている葉緑体の *rbcL* 遺伝子領域などを用いた。解析法は Sakayama et al. (2005, 2015) および Kato et al. (2008, 2011) に準じた。

## (2) 系統株作成

採集した各系統から接合子を 100~200 個回収し、接合子を 1%次亜塩素酸ナトリウム水溶液で 15 分間処理し、培地に播き、接合子を発芽させることによって単藻培養株を作出した。培養方法は、Sato et al. (2014) に準じた。

## (3) 遺伝的多型解析

次世代シーケンサー (Illumina) を用いて、1 個体あたりのカバレッジを低く抑えて全ゲノム配列を解読する手法 (low coverage Whole Genome Sequencing; lcWGS) により、系統間のゲノム全体に分布する変異を効率的に抽出することによって、集団間および集団内の個体間の遺伝的多型を検出可能な SNP (1 塩基多型) マーカーを作成した。年度毎に収集した系統についてシーケンシングライブラリーを調整し、マルチプレックス用インデックスを付加してシーケンシングした。得られたリードを申請者らの先行研究により既に決定されている概要ゲノムにマッピングして SNP を同定した。また、マイクロサテライトマーカーを用いた遺伝的集団構造解析も実施した。

検出した多型情報に基づき、遺伝距離を用いた系統解析、 $F_{ST}$  統計量 ( $F_{ST}$ ) を用いた集団分化の解析を行い、生態型/局所集団の系統関係、遺伝的分化を評価した。ADMIXTURE 解析および STRUCTURE 解析によりクラスタリングと個体の割り当てを行い、集団の遺伝構造の有無とパターンを評価した。さらに、塩基多様度、Tajima's  $D$  などの統計量を用いた中立性検定により遺伝子配列の中立性をゲノム全体にわたって調査し、適応に関わった遺伝子候補の抽出を試みた。

## (4) 同一培養条件下での表現型解析

遺伝的分化、生態的分化が見られた系統を同一条件で培養し、表現型を比較することで、適応との関連が予想される形態・生理的形質の表現型 (光応答、細胞サイズなど) の抽出を試みた。

# 4. 研究成果

## (1) 野外調査

平成 28~30 年度は、国内外の多様な生育環境から多数のシャジクモの個体を採集することができた。令和元年度から令和 3 年度は、調査対象地域における海外研究協力者の事情、新型コロナウイルスの感染拡大状況や所属機関の活動制限の方針などを考慮し、調査が可能な時期に国内を中心にシャジクモの個体を採集した。

## (2) 外部形態観察および葉緑体 DNA に基づく DNA バーコーディングによる種同定

外部形態観察については光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡による分類形質の観察を行った。日本と海外のシャジクモの形態的特徴を比較した結果、特に接合子の形態が大きく異なっていた。

## (3) 葉緑体 DNA に基づく分子系統解析

野外調査により採集したサンプルを用いて単藻培養株を確立し、葉緑体 DNA (*rbcL* 遺伝子、*atpB-rbcL* 遺伝子間領域) に基づく分子系統解析を実施した。海外の集団 (中国、タイ、オーストラリアなど) を含めた分子系統解析の結果、日本のシャジクモは単系統群を形成し、海外の集団とは系統的に離れていた。また、中国から採集された集団が日本の集団に最も近縁であった。

## (4) 遺伝的多型解析

水田型の S276 株に加え、湖沼型のシャジクモ株 (S277 株) のゲノムシーケンシングを実施し、これら 2 株のゲノム間にはおよそ 1,260 万箇所 (190 bp に 1 箇所の頻度) の SNP が存在すると予測された。水田型の S276 株と湖沼型の S277 株の概要ゲノム解読の成果を取りまとめた論文として発表した (Nishiyama et al. 2018)。

これまでの同一培養条件下での表現型解析により形態的形質が明らかになった系統株についてゲノム DNA を抽出し、ホールゲノムショットガン解析を行い、得られた配列データを参照ゲノム配列にマッピングし、全ゲノムレベルの遺伝的多型情報を取得した。得られた全ゲノムレベルの遺伝的多型情報に基づき、全葉緑体 DNA および核 DNA の領域毎に分子系統樹を構築し、集団/生態型間の系統関係と遺伝的分化の度合いを明らかにした。また、核 DNA のマイクロサテライトマーカーに基づく遺伝的多型解析を実施し、新たに採集したサンプルの系統的位置づけ、地理的分布パターン、および種内の遺伝的集団構造を明らかにした。

## (5) 同一培養条件下での表現型解析

我々の先行研究によってゲノム配列が明らかになっている生態型/系統の異なる 2 系統 (主に水田に生育する集団に属する個体と主に湖沼に生育する集団に属する個体) を用いて交配実験を行い、得られた外交配個体の表現型解析と遺伝的多型解析を実施した。

複数系統を用いた表現型解析の結果、栄養細胞の量的形質と生態型/系統の違いに相関がある

可能性が示唆された。一方、異なる系統間（水田型系統、湖沼型系統）の交配実験の結果、片方の親株に類似した形態的形質を持つ個体、両親の中間の形態的形質を持つ個体など、様々な形態的形質を持つ外交配系統が得られた。

<引用文献>

- Kato S., Sakayama H., Sano S., Kasai F., Watanabe M.M., Tanaka J. & Nozaki H. 2008. Morphological variation and intraspecific phylogeny of the ubiquitous species *Chara braunii* (Charales, Charophyceae) in Japan. *Phycologia* 47: 191–202. DOI: Doi 10.2216/07-27.1.
- Kato S., Misawa K., Takahashi F., Sakayama H., Sano S., Kosuge K., Kasai F., Watanabe M.M., Tanaka J. & Nozaki H. 2011. Aquatic plant speciation affected by diversifying selection of organelle DNA regions. *Journal of Phycology* 47: 999–1008. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2011.01037.x.
- Nishiyama T., Sakayama H., de Vries J., Buschmann H., Saint-Marcoux D., Ullrich K.K., Haas F.B., Vanderstraeten L., Becker D., Lang D., Vosolsobe S., Rombauts S., Wilhelmsson P.K.I., Janitza P., Kern R., Heyl A., Rumpfer F., Villalobos L.I.A.C., Clay J.M., Skokan R., Toyoda A., Suzuki Y., Kagoshima H., Schijlen E., Tajeshwar N., Catarino B., Hetherington A.J., Saltykova A., Bonnot C., Breuninger H., Symeonidi A., Radhakrishnan G.V., Van Nieuwerburgh F., Deforce D., Chang C., Karol K.G., Hedrich R., Ulvskov P., Glockner G., Delwiche C.F., Petrusek J., Van de Peer Y., Friml J., Beilby M., Dolan L., Kohara Y., Sugano S., Fujiyama A., Delaux P.M., Quint M., Theissen G., Hagemann M., Harholt J., Dunand C., Zachgo S., Langdale J., Maumus F., Van Der Straeten D., Gould S.B. & Rensing S.A. 2018. The *Chara* genome: secondary complexity and implications for plant terrestrialization. *Cell* 174: 448–464.e24. DOI: 10.1016/j.cell.2018.06.033.
- Proctor V.W. 1970. Taxonomy of *Chara braunii*: an experimental approach. *Journal of Phycology* 6: 317–321. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1970.tb02401.x>
- Sakayama H., Miyaji K., Nagumo T., Kato M., Hara Y. & Nozaki H. 2005. Taxonomic reexamination of 17 species of *Nitella* subgenus *Tieffallenia* (Charales, Charophyceae) based on internal morphology of the oospore wall and multiple DNA marker sequences. *Journal of Phycology* 41: 195–211. DOI: Doi 10.1111/J.1529-8817.2005.04133.X.
- Sakayama H., Kai A., Nishiyama M., Watanabe M.M., Kato S., Ito M., Nozaki H. & Kawai H. 2015. Taxonomy, morphology, and genetic variation of *Nitella flexilis* var. *bifurcata* (Charales, Characeae) from Japan. *Phycological Research* 63: 159–166. DOI: 10.1111/pre.12085.
- Sato M., Sakayama H., Sato M., Ito M. & Sekimoto H. 2014. Characterization of sexual reproductive processes in *Chara braunii* (Charales, Charophyceae). *Phycological Research* 62: 214–221. DOI: 10.1111/pre.12056.
- Wood R.D. 1965. Monograph of the Characeae. In: *A revision of the Characeae, volume 1*. (Ed. by R.D. Wood & K. Imahori), pp. 1–904. J. Cramer, Weinheim.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Takano Tomoyuki, Ikegaya Hisato, Ikeda Kenichi, Nozaki Hisayoshi, Sakayama Hidetoshi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Morphology, taxonomy and phylogenetic positions of two <i>Spirogyra</i> species (Zygnematophyceae, Streptophyta) with replicate and semi-replicate transverse walls from Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phycologia	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00318884.2022.2068299	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田中次郎, 北山太樹, 坂山英俊, 寺田竜太, 神谷充伸, 眞田 智	4. 巻 70
2. 論文標題 絶滅のおそれのある野生生物の選定・評価検討 -レッドリスト2020藻類-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 藻類	6. 最初と最後の頁 29~37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Haraguchi Takeshi, Tamanaha Masanori, Suzuki Kano, Yoshimura Kohei, Imi Takuma, Tominaga Motoki, Sakayama Hidetoshi, Nishiyama Tomoaki, Murata Takeshi, Ito Kohji	4. 巻 119
2. 論文標題 Discovery of ultrafast myosin, its amino acid sequence, and structural features	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2120962119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2120962119	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kato Syou, Tanaka Jiro, Tanaka Norio, Yokoyama Jun, Ito Yu, Fujiwara Yoichiro, Higa Atsushi, Kobayashi Shingo, Watanabe Makoto M., Sakayama Hidetoshi	4. 巻 14
2. 論文標題 New distributional records, taxonomy, morphology, and genetic variations of the endangered brackish-water species <i>Lamprothamnium succinctum</i> (Charales: Charophyceae) in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Asia-Pacific Biodiversity	6. 最初と最後の頁 15~22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.japb.2020.09.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takano Tomoyuki, Ikegaya Hisato, Nozaki Hisayoshi, Sakayama Hidetoshi	4. 巻 68
2. 論文標題 Induction of sexual reproduction reveals the presence of heterothallic Spirogyra strains (Zygnematophyceae, Streptophyta)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phycological Research	6. 最初と最後の頁 263 ~ 268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pre.12436	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 西山智明・坂山英俊	4. 巻 -
2. 論文標題 シャジクモのゲノムの解読が明かす陸上植物への道および独自の進化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 新着論文レビュー	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7875/first.author.2018.077	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nishiyama, T., Sakayama, H., de Vries, J., Buschmann, H., Saint-Marcoux, D., et al. (他55名)	4. 巻 174
2. 論文標題 The Chara Genome: Secondary Complexity and Implications for Plant Terrestrialization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cell	6. 最初と最後の頁 448 ~ 464.e24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cell.2018.06.033	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Higo, A., Kawashima, T., Borg, M., Zhao, M., Lopez-Vidriero, I., Sakayama, H., et al. (他18名)	4. 巻 9
2. 論文標題 Transcription factor DU01 generated by neo-functionalization is associated with evolution of sperm differentiation in plants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-018-07728-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Urbaniak Jacek, Sakayama Hidetoshi	4. 巻 17
2. 論文標題 Taxonomical analysis of closely related species of Chara L. section Hartmania (Streptophyta: Charales) based on morphological and molecular data	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Fottea	6. 最初と最後の頁 222 ~ 239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5507/fot.2017.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 坂山英俊	4. 巻 230
2. 論文標題 シャジクモ類の和名について	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 海洋と生物	6. 最初と最後の頁 229 ~ 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iida Satoko, Ikeda Miyuki, Amano Momoe, Sakayama Hidetoshi, Kadono Yasuro, Kosuge Keiko	4. 巻 129
2. 論文標題 Loss of heterophylly in aquatic plants: not ABA-mediated stress but exogenous ABA treatment induces stomatal leaves in Potamogeton perfoliatus	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 853 ~ 862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-016-0844-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Breuninger, H., Thamm, A., Streubel, S., Sakayama, H., Nishiyama, T. and Dolan, L.	4. 巻 26
2. 論文標題 Diversification of a transcription factor family led to the evolution of antagonistically acting genetic regulators of root hair growth	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 1622 ~ 1628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2016.04.060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Suzuki, M., Segawa, T., Mori, H., Akiyoshi, A., Ootsuki, R., Kurihara, A., Sakayama, H., Kitayama, T., Abe, T., Kogame, K., Kawai, H. and Nozaki, H.	4. 巻 11
2. 論文標題 Next-generation sequencing of an 88-year-old specimen of the poorly known species <i>Liagora japonica</i> (Nemaliales, Rhodophyta) supports the recognition of <i>Otohimella</i> gen. nov.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0158944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0158944	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kasahara, M., Suetsugu, N., Urano, Y., Yamamoto, C., Ohmori, M., Takada, Y., Okuda, S., Nishiyama, T., Sakayama, H., Kohchi, T. and Takahashi, F.	4. 巻 6
2. 論文標題 An adenylyl cyclase with a phosphodiesterase domain in basal plants with a motile sperm system	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 39232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep39232	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 高野智之・野崎久義・坂山英俊
2. 発表標題 アオミドロ類 (ストレプト植物門・ホシミドロ藻綱) の葉緑体ゲノム解読に基づく分子系統解析及び一未記載種
3. 学会等名 日本藻類学会第46回大会・オンライン開催 (福井)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高野智之・野崎久義・坂山英俊
2. 発表標題 日本産アオミドロ類 (ストレプト植物門・ホシミドロ藻綱) の形態比較及び分子系統解析
3. 学会等名 日本植物分類学会第21回大会・オンライン開催 (神奈川)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 高野 智之・野崎 久義・坂山 英俊
2. 発表標題 アオミドロ類(接合藻類ストレプト植物門)の接合形態比較及び分子系統解析
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会, オンライン開催(八王子)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎 優斗・Akida Jahan・Mousona Islam・坂山 英俊・西山 智明・堀 孝一・太田 啓之・皆川 純・篠澤 章久・坂田 洋一・竹澤 大輔
2. 発表標題 ストレプト植物RAF様キナーゼの機能解析
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会, オンライン開催(八王子)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高野 智之・野崎 久義・坂山 英俊
2. 発表標題 新規培養株を用いた接合藻類アオミドロ属及びシロゴニウム属の分子系統と形態比較
3. 学会等名 日本植物分類学会第20回大会, オンライン開催(東京)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高野 智之・野崎 久義・坂山 英俊
2. 発表標題 兵庫県及び京都府から発見された接合藻類アオミドロ属における一未記載種
3. 学会等名 日本藻類学会第45回大会, オンライン開催(東京)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口ゆりの・Adriana Garcia・坂山 英俊
2. 発表標題 車軸藻類 <i>Nitella sonderi</i> とその近縁種の分類学的再検討
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会，オンライン開催（名古屋）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高野 智之・野崎 久義・坂山 英俊
2. 発表標題 接合藻類アオミドロ属の日本新産種 <i>Spirogyra unduliseptum</i> の分類学的再検討
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会，オンライン開催（名古屋）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高野 智之・野崎 久義・坂山 英俊
2. 発表標題 接合藻類アオミドロ属の日本新産種における細胞間隔壁の特徴と系統的位置
3. 学会等名 日本植物分類学会第19回大会，岐阜大学（岐阜）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高野 智之・野崎 久義・坂山 英俊
2. 発表標題 接合藻類アオミドロ属の新規培養株についての形態観察及び系統解析
3. 学会等名 日本藻類学会第44回大会，鹿児島大学
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 望月伸悦・坂山英俊・西山智明・長谷あきら
2. 発表標題 プラスチドシグナルとGUN1機能の進化
3. 学会等名 日本植物生理学会第61回年会，大阪大学（吹田キャンパス）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sakayama, H. and Nishiyama, T.
2. 発表標題 The genome and ecological evolution of Chara braunii (Charophyceae, Streptophyta)
3. 学会等名 The 5th International Volvox Conference, Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takano, T. and Sakayama, H.
2. 発表標題 First discovery of heterothallic sexuality in the genus Spirogyra using culture strains
3. 学会等名 The 5th International Volvox Conference, Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂山 英俊・玉置 千紘・Adriana Garcia・Zhongmin Sun・川井 浩史・西山 智明
2. 発表標題 車軸藻類シャジクモ(Chara braunii)とその近縁種の分類学的再検討
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会、東北大学（仙台）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高野 智之・野崎 久義・坂山 英俊
2. 発表標題 接合藻類アオミドロ属の西日本産を中心とした新規株の系統解析
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会、東北大学（仙台）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakayama, H., Kato, S. and Nishiyama, T.
2. 発表標題 The genome and ecological evolution of a cosmopolitan freshwater alga <i>Chara braunii</i> (Charales, Streptophyta)
3. 学会等名 East Asian Plant Diversity and Conservation 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三村徹郎・大西美輪・村西直樹・藤原ひとみ・石崎公庸・深城英弘・西山智明・坂山英俊・Reid Rob J.・且原真木
2. 発表標題 シャジクモ細胞膜リン酸輸送体の分子機能解析
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋爪駿・高谷彰吾・日渡祐二・坂山英俊・西山智明・高橋卓・本瀬宏康
2. 発表標題 NIMA関連キナーゼファミリーによる細胞伸長制御の進化的な保存性
3. 学会等名 日本植物学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nishiyama, T., Kamada, H., Kasahara, M., Sakayama, H., Tsuchikane, Y. and Sekimoto, H.
2. 発表標題 Progress in Streptophyte Algae Genomics and Genetics
3. 学会等名 Plant and Animal Genome XXVII Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉置千紘・Adriana Garcia・Zhongmin Sun・Wuttipong Mahakham・川井浩史・坂山英俊
2. 発表標題 シャジクモ (Chara) 属 Charopsis 節の分類学的再検討
3. 学会等名 日本藻類学会第43回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakayama, H. and Nishiyama, T.
2. 発表標題 The genome and ecological evolution of a charalean alga Chara braunii
3. 学会等名 65th NIBB Conference Marchantia Workshop 2017, Renaissance of Marchantia polymorpha -the genome and beyond- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nishiyama, T, Kamada H., Miyata D., Yamaguchi K., Shigenobu S., Sakayama H. and Kasahara M.
2. 発表標題 Genetic map construction with low depth segregant sequencing in Chara braunii
3. 学会等名 65th NIBB Conference Marchantia Workshop 2017, Renaissance of Marchantia polymorpha -the genome and beyond- (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Sakayama, H., Miyata, D., Kato, S. & Nishiyama, T.
2 . 発表標題 Evolutionary analyses on ecological differentiation of a cosmopolitan freshwater alga <i>Chara braunii</i> (Charales, Streptophyta)
3 . 学会等名 EMBO Workshop, New model systems for early land plant evolution (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Nishiyama, T., Sakayama, H, Sakakibara, K, et al.
2 . 発表標題 Genome sequencing charophyceans, liverworts, and hornworts: making model systems
3 . 学会等名 EMBO Workshop, New model systems for early land plant evolution (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Nishiyama, T., Sakayama, H, & Sakakibara, K.
2 . 発表標題 Genomes of bryophytes and charophyceans
3 . 学会等名 ICAR 2016 International Conference on Arabidopsis Research (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Sakayama, H. & Nishiyama, T.
2 . 発表標題 Genome and transcriptome of charophytes
3 . 学会等名 7th International Research Group on Charophytes Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 Garcia, A. & Sakayama, H.
2. 発表標題 Charophytes, origin of land plants and terminology
3. 学会等名 7th International Research Group on Charophytes Symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nishiyama, T., Kamada, H., Miyata, D., Kasahara, M. and Sakayama, H.
2. 発表標題 De novo sequencing of Chara braunii genome and construction of genetic map
3. 学会等名 Advanced Genome Science International Symposium, The Start of New Genomics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西山智明・坂山英俊
2. 発表標題 シャジクモの生殖器官のトランスクリプトーム解析
3. 学会等名 日本植物学会第80回大会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 渡邊みゆき・西山智明・鈴木 穰・坂山英俊
2. 発表標題 シャジクモの発生遺伝子の発現プロファイリングに関する研究
3. 学会等名 日本植物学会第80回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 原口武士・木下佳菜・玉那覇正典・坂山英俊・西山智明・富永基樹・伊藤光二
2. 発表標題 速度改変型ミオシン XI 導入による単子葉植物ブラキポ ディウム <sup>1</sup> の成長促進
3. 学会等名 日本植物学会第80回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 玉那覇正典・原口武士・木下佳菜 <sup>1</sup> ・坂山英俊・西山智明・富永基樹・伊藤光二
2. 発表標題 生物界最速ミオシンである Chara braunii (シャジクモ)のミオシンXIの機能解析
3. 学会等名 日本植物学会第80回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 板橋武・橋本研志・坂山英俊・西山智明・北畑信隆・Bonnot Clemence・Hetherington Sandy・Dolan Liam・朽津和幸
2. 発表標題 藻類・陸上植物の細胞壁空間に ROS を産生する酵素 Rboh の分子進化
3. 学会等名 日本植物学会第80回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西山智明・鎌田寛彬・宮田大輔・山口勝司・重信秀治・坂山英俊・笠原雅弘
2. 発表標題 分離集団の薄いショットガンシーケンシングによるシャジクモ遺伝学的地図の構築
3. 学会等名 第58回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 笠原賢洋・末次憲之・浦野裕貴・山本千愛・大森未樹矢・高田侑季・奥田修二郎・西山智明・坂山英俊・河内 孝之・高橋文雄
2. 発表標題 精子を持つ植物で見つかったアデニル酸シクラーゼ
3. 学会等名 第58回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂山英俊・宮田大輔・加藤 将・西山智明
2. 発表標題 シャジクモの生態型の進化に関する研究
3. 学会等名 日本藻類学会第41回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 上嶋崇嗣・中村誠司・加藤 将・坂山英俊・芹澤(松山)和世・芹澤如比古
2. 発表標題 富士五湖における最近の車軸藻類の分布状況
3. 学会等名 日本藻類学会第41回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 坂山英俊	4. 発行年 2017年
2. 出版社 北隆館	5. 総ページ数 1366 - 1371
3. 書名 シャジクモ科・新分類牧野日本植物図鑑	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	西山 智明  (Nishiyama Tomoaki)  (50390688)	金沢大学・学際科学実験センター・助教    (13301)	
研究分担者	土松 隆志  (Tsuchimatsu Takashi)  (60740107)	東京大学・大学院理学系研究科・准教授    (12601)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	宮田 大輔  (Miyata Daisuke)		
研究協力者	玉置 千紘  (Tamaki Chihiro)		
研究協力者	大石 一樹  (Oishi Kazuki)		
研究協力者	秋田 晋吾  (Akita Shingo)  (80828195)	北海道大学・水産科学研究院・助教    (10101)	
研究協力者	加藤 将  (Kato Syou)  (30624738)	新潟大学・人文社会科学系・特任准教授    (13101)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	三村 徹郎  (Mimura Tetsuro)  (20174120)	神戸大学・大学院理学研究科・教授    (14501)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
オーストラリア	University of Wollongong			
中国	Chinese Academy of Sciences	Shanxi University		
オーストリア	Gregor Mendel Institute			
タイ	Khon Kaen University			